

コンパクトな断面橋の構造的挙動に関する研究

長岡技術科学大学 アビラボレロ ベロニカ
長岡技術科学大学 正会員 宮下剛

1. はじめに

近年、橋梁の建設技術革新が著しく進展している。日本における橋梁工学は初のコンパクト断面橋の架設によって一歩前進した。建設工事期間は、2008年9月6日から2012年8月25日である。本論文では、コンパクト断面橋の構造的挙動を研究するために構造解析モデルを作成する。モデルシミュレーションの静的構造解析から得られた結果は、載荷試験で得られた測定値と比較した。構造固有値解析も高架橋で起こり得る振動特性を研究するために行った。

2. 目的

本研究の主な目的は、モデルで得られた応答値と載荷試験で収集された応答値を比較し、高架橋の特定の構造的挙動を研究するために、このようなたわみや固有振動数などのパラメータを決定する構造モデルを作成することである。モデルは、2つの分析によって得られた線形構造解析と固有値解析である。

3. 方法論

1. FEモデルの作成
2. 構造の静的解析の実行
3. モデルの確認
4. 固有値解析
5. 振動測定で得られたデータと結果の比較
6. 固有振動数に影響を与えることができる要因の調査

4. 研究の橋

金谷郷高架橋は千葉県に位置している。高架橋は、185.3メートルの長さを有している。合計幅は11.15メートルである。鋼製の二つの主桁で構成され、床板や手すりはコンクリートで作られた。6つの主要な単純な支点到に支持され、5つの主要なスパンを持っている。中央に位置するスパンは38.3メートルの長さを有し、一方高架橋の端部に配置スパンは34.6メートルの長さを有している。図1は、ブリッジの構成を示している。

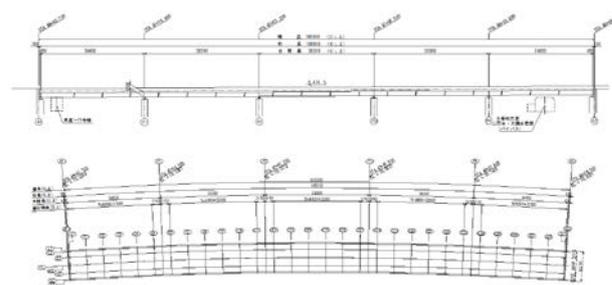


図1. 金谷郷高架橋の設計

5. 負荷試験

載荷試験は、高架橋の動作特性を研究するために、高架橋で行った：静的負荷試験、衝撃振動試験と動的負荷試験である。本研究では、静的載荷試験および動的載荷試験結果は、橋梁構造的挙動を研究する目的で使用された。2つの3軸トラックを使用した。トラックは、約12トンの総重量を持っているが、トラックは20トンの平均総重量の両方に達しロードした。歪みゲージ、加速度計、および他のデバイスは、負荷テストのためのデータを取得するために使用した。図2は、測定装置の位置を示す。

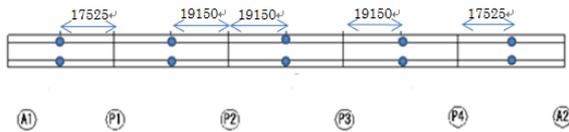
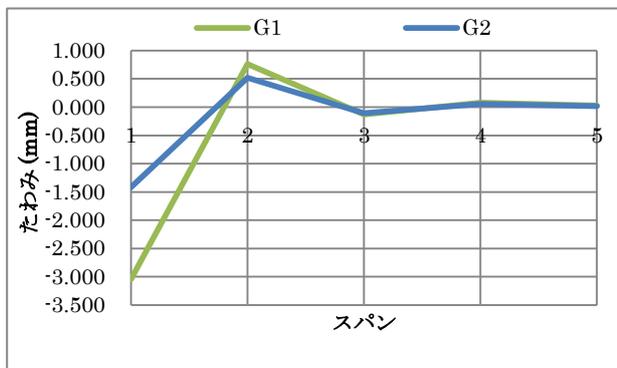


図 2. 計測機器の位置

6. 負荷試験の結果

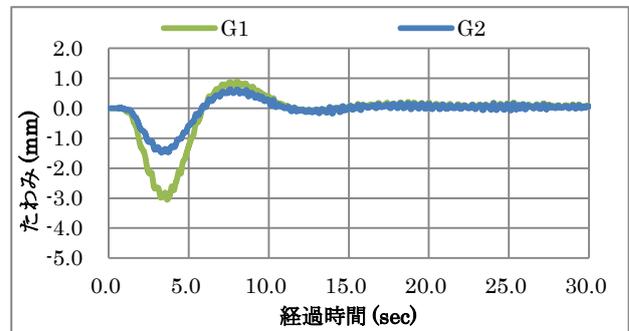
静的荷重試験の開発の過程では、まず、各梁に垂直変位を各スパンの中央の上に置くと決定するために、1 台のトラックを使用した。このテストは、まず外回り線で行った、次にトラックが内回りの上に配置し、最後に 2 台のトラックは、各レーン上に置くために使用した。この試験で得られた結果によれば、印加荷重による梁に曲げ効果がある。これは、梁の変形形状は、その凹面が変化することを意味するスパンの中央における変曲点を作成し、グラフの縦撓みは、トラックが配置されているスパンの最大の負の値をとる 1 に見ることができる。



グラフ 1. 外回り線にスパン 1 を超える適用した荷重によるたわみ

動的負荷試験は、動的荷重をシミュレートするために、いくつかの速度で (30、60、80km/hr) トラックを実行することにより行った。道路にあったトラックの速度が一定であった。これは、一定の条件で高架橋の挙動を研究するために実現した。トラックは、外回り線で運転した後、内回り線で運転した。トラックは橋を通過しな

がら、テストの実現の間に、垂直変位が一定の期間に撮影された。グラフ 3 でトラックが外回り線の上の 30km/hr で走行しているとき、スパン 1 の桁で発生する垂直方向の変位を示している。



グラフ 3. 30km/hr のスパン 1 におけるたわみの変化

7. 構造解析モデル

試験を行うために、一定の条件に置くことを目的とする構造解析モデルを作成し、高架橋が持つ挙動を研究する必要がある。図 3 は、作成したモデルの幾何学的特性を示している。

メンバー	要素の種類	材料
主なガーダー	フラットシェル	鋼
ダイヤフラム	フラットシェル	鋼
補剛材	フラットシェル	鋼
スラブ	フラットシェル	コンクリート

図 3. モデルの幾何学

材料	ヤング率 MPa	ポアソン 比	質量密度 (Kg/m ³)
鋼	200,000	0.3	7850
コンクリート	31,000	.15	2345

図 4. 材料特性

モデルは、可能な最も簡単な方法で作成された。図4は、各支持体上の境界条件でモデルを示している。



図4. 構造解析モデル

モデル検証

静的荷重試験から得られた垂直変位は、モデルから得られた垂直変位と比較した。得られたスパンのたわみとの差を計算し、表1に示す。

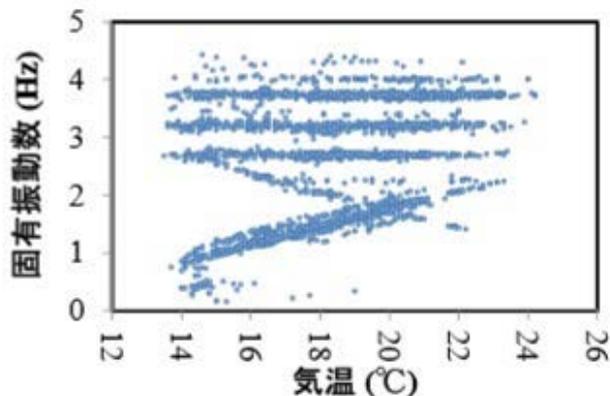
	負荷の スパン位置	スパン偏向比率	
		G1	G2
外回り	1	14.14%	13.21%
	2	6.35%	7.23%
	3	2.64%	6.92%
	4	3.11%	1.36%
	5	2.26%	11.81%
内回り	1	11.46%	10.84%
	2	7.35%	13.317%
	3	2.87%	8.43%
	4	0.41%	2.64%
	5	12.42%	8.3%

表1. スパン偏向差パーセンテージ

8. 固有値解析結果

有限要素法を用いて、他の計算のように、構造体は任意の形状を有することができ、分析されると、計算の結果が許容されるので、分析を開発するために有限要素法を用いるのが一般的である。システムを解くことで得られる値とベクトルの物理的な解釈は、周波数と対応する

振動モードを表す。グラフ4は、固有振動数と構造に実施された試験から得られた金谷郷高架橋の温度との関係を示している。



グラフ4. 固有振動数と温度と金谷郷高架橋の関係

構造上の熱効果を再現するために、ヤング率とポアソン比は、温度に応じて変更することができる。以下の表に示すように、温度、ヤング率、ならびに、ポアソン比との関係の付加は、固有振動数の減少につながる。

温度 ° C	周波数 Hz
18	1.7
20	1.63
22	1.62

表3. モデルの温度の関数で周波数の差異（ヤング率）

熱膨張も高架橋の周波数に影響を与えることができる要因の一つとして考えられていた。熱膨張係数も考慮されている場合は、幾何学的寸法の変化は、モードのレクリエーションに添加される。すなわち、全ての方向の長さは、温度に関連する要因によって変化することがあった。表5は、熱膨張係数を添加した場合の結果が示す。

材料	熱膨張係数 1/° C
鋼	.000012
コンクリート	.0000098

表 4. モデルに実装熱膨張係数

温度 ° C	周波数 Hz
22	1.6241
24	1.6246

表 5. モデルの温度の関数で周波数の分散（熱膨張係数）

9. 結論

モデルで得られた橋梁の挙動は、実際に金谷郷高架橋の応答とは反対である。これは、鋼とコンクリートの強度および剛性特性が温度の上昇によって低下するためである。

熱膨張係数も考慮されている場合は、幾何学的寸法の変化は、モードのレクリエーションに添加される。全ての方向の長さは、温度に関連する要因によって変化することになる。そのため、温度は 2 摂氏度を増加させた場合は、1% 未満の固有振動数の増加があった。モデルの挙動は、温度の上昇とともに増加する固有振動数を示すにもかかわらず、変動が小さいである。これは、構造に影響を与えるのが温度だけでなく、引張応力または支承部の変動が影響していると考えられる。これらは、さらなる分析で確認する必要がある。

参考文献

- 1) Peter Moser, Babak Moaveni, “Environmental effects on the identified natural frequencies of the dowling hall footbridge” .
- 2) Guang-Dong Zhou and Ting-Hua Yi, “A Summary Review of Correlations between Temperatures and Vibration Properties of Long-Span Bridges” , Mathematical Problems in Engineering, Volume 2014 (2014), Article ID 638209, 19 pages.
- 3) X. He, Vibration-based damage identification and health monitoring of civil structures, Ph.D. thesis, Department of Structural Engineering, University of California, San Diego, 2008.